



REC'D 06 FEB 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 49 767.2

**Anmeldetag:** 24. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** Technische Universität Chemnitz, Chemnitz/DE

**Bezeichnung:** Probentisch für die Messung lateraler Kräfte  
und Verschiebungen

**IPC:** G 01 L 1/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 7. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

*S. Schmidt*  
Schmidt

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

**BEST AVAILABLE COPY**

### **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft einen Probestisch für die Messung lateraler Kräfte und Verschiebungen bei bedarfsweise  
5 gleichzeitiger Anwendung von Normalkräften, insbesondere bei Nanoindentern sowie bei Scratch und Verschleißtestern, wobei der Probestisch lateral beweglich gelagert ist und die laterale Kraft und Verschiebung über eine Messwerterfassung  
ermittelbar ist. Erfindungsgemäß ist der Probestisch (1)  
10 zwischen mindestens zwei senkrecht stehenden und in Richtung der zu erzeugenden lateralen (horizontalen) Bewegung des Probestisches (1) lateral auslenkbaren Blattfedern (3)  
befestigt. (Fig. 2)

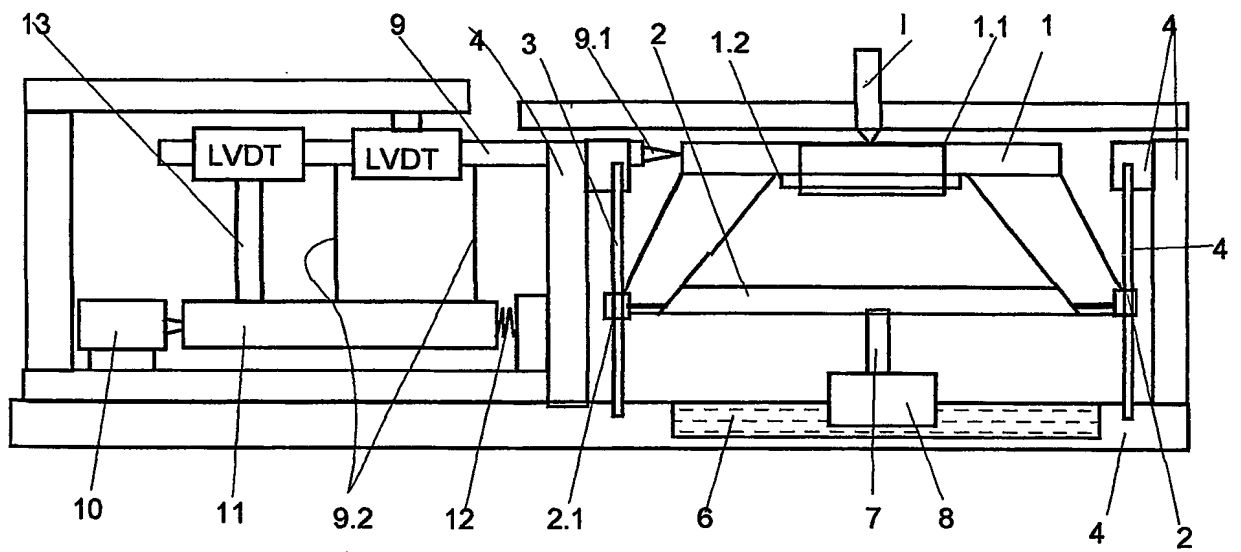


Fig. 2

## Beschreibung

### Probentisch für die Messung lateraler Kräfte und Verschiebungen

5

Die Erfindung betrifft einen Probentisch für die Messung lateraler Kräfte und Verschiebungen nach dem Oberbegriff des ersten Patentanspruchs.

Die Messung der lateralen Kräfte und Verschiebungen erfolgt  
10 bei gleichzeitiger Anwendung von Normalkräften, und findet insbesondere bei Nanoindentern sowie bei Scratch- und Verschleißtestern Anwendung.

Bei diesen Geräten wird üblicherweise über einen Diamantprüfkörper eine Normalkraft auf eine zu untersuchende  
15 Probe aufgebracht und die durch die Normalkraft verursachte Verschiebung gemessen. Zusätzlich wird der Probentisch unter den Prüfkörper zur Erzielung einer Relativbewegung lateral bewegt. Die dafür benötigte Kraft und die Größe der lateralen Verschiebung werden gemessen.

20 In WO 02/16907 A1 wird eine Vorrichtung zur Prüfung der Kratzfestigkeit (Scratch-Tester) beschrieben. Der Probentisch ist tangential beweglich gelagert, wobei die Beweglichkeit durch zwei C-förmige Biegeteile erreicht wird, die jeweils an

den Innenkanten mit Einkerbungen versehen sind. Die durch das Scratch-Werkzeug auf die Probe ausgeübte Tangentialkraft wird am Probestisch über einen Messwertgeber erfasst. WO 99/46576 betrifft eine Vorrichtung zur Messung der Kratzfestigkeit von

5 Beschichtungen (Scratch- Tester), die einen Indentor- Teil und einen Probestisch besitzt. Der Probestisch besteht aus einer Klemmvorrichtung für die Probe, die auf einem I-förmigen Block befestigt wird, der seinerseits über vier horizontal ausgerichtete stehende Membranfedern an einem Hal-

10 terungsblock angebracht wurde, wodurch die Probe lateral beweglich ist. Die Tangentialkräfte werden über einen Sensor erfasst, während die Indentorspitze über die Probenoberfläche gezogen wird. Die Federn stehen dabei nicht unter einer Zug-Vorspannung. Außerdem erstreckt sich die

15 Blattfederlängsrichtung horizontal und nicht vertikal in Richtung der Normalkraft, wodurch sich ein ungünstigeres Wirksystem ergibt.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Probestisch zu

20 konzipieren, mit dem normale Kraft und Verschiebung als auch laterale Kraft und Verschiebung jeweils unabhängig voneinander mit hoher Genauigkeit gemessen werden können, wobei der Probestisch selbst auch bei Einwirkung großer

Normalkräfte keine Verschiebungen verursacht.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des ersten Patentanspruchs gelöst, vorteilhafte Weiterbindungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

- 5 Der Probestisch für die Messung lateraler Kräfte und Verschiebungen bei bedarfsweise gleichzeitiger Anwendung von Normalkräften, insbesondere bei Nanoindentern sowie bei Scratch und Verschleißtestern, ist lateral beweglich gelagert, wobei die laterale Kraft und Verschiebung über eine
- 10 Messwerterfassung ermittelbar ist. Erfindungsgemäß wird der Probestisch zwischen mindestens zwei sich in Blattfederlängsrichtung senkrecht erstreckenden und in Richtung der zu erzeugenden lateralen (horizontalen) Bewegung des Probestisches lateral auslenkbaren Blattfedern befestigt.
- 15 Die Blattfedern werden dabei ihrem unteren Ende und an ihrem oberen Ende an einem Rahmen vorzugsweise unter Vorspannung befestigt.

Zwischen dem unteren Ende und dem oberen Ende der Blattfedern wird der Probestisch z.B. punktförmig an diesen aufgehängt.

- 20 Die Anordnung des Probestisches erfolgt dabei bevorzugt in der Mitte der Blattfedern, wobei sich zwei Blattfedern als Blattfederpaar gegenüberstehen. Dabei ist es möglich, den Probestisch auch zwischen mehreren Blattfederpaaren zu

lagern.

Die Dicke der Blattfedern sollte größer/ gleich ihrer lateralen Auslenkung sein, um Linearität zu wahren.

Der Probentisch ist weiterhin vorteilhafter Weise mit einer  
5 Dämpfungseinheit verbunden. Dazu findet bevorzugt ein unter dem Probentisch angeordnetes Ölbad Anwendung, in welches ein am Probentisch angeordnetes Dämpfungselement eintaucht. Diese Dämpfungseinheit ist so zu dimensionieren, daß insbesondere Schwingungen, die aus der Umgebung kommen, effektiv gedämpft  
10 werden ohne die gewünschte laterale Bewegung des Tisches merklich zu beeinflussen.

Der Probenhalter ist vertikal beweglich ausgeführt, um die Probenoberfläche auch bei unterschiedlich dicken Proben auf  
15 die gleiche Höhe einstellen zu können.

Die Messwerterfassung weist zur Erfassung der lateralen Kraft und Verschiebung einen Schaft auf, der nahe an der Probe abgreift. Dieser Schaft ist im Bereich vertikal zwischen  
20 Mitte der Federn und Probenoberfläche sowie horizontal genau in der Mitte des Probenhalters befestigt und dient zur Verschiebung des Tisches in lateraler Richtung sowie zur Messung dieser Verschiebung. Der Schaft kann ebenfalls auf

Federelemente gelagert werden, aus deren Auslenkung direkt die Lateralkraft bestimmt werden kann. Die Messung der Verschiebung des Schaftes erfolgt durch geeignete Messmittel. (z.B. LVDTs).

- 5 Durch eine zyklische Verschiebung des Tisches in lateraler Richtung sind auch dynamische Messungen möglich. Damit können tribologische Kontakte simuliert werden, z.B. von Zahnrädern während des Laufes. Die Schwingungen aus der Umgebung werden durch die unter dem Probentisch angeordnete Dämpfungseinheit
- 10 verringert.

Die Messwerterfassung zur Bestimmung der lateralen Kraft und Verschiebung kann auch optisch erfolgen.

- Die erfindungsgemäße Lösung sieht bevorzugt 4 senkrecht gegenüberstehende Blattfedern vor, die an einem Rahmen unter
- 15 Zugspannung befestigt sind. Der Probentisch ist punktartig in der Mitte der Blattfedern befestigt. Dadurch wird eine sehr hohe Verwindungs- und Normalsteifigkeit von Rahmen und Probentisch erzielt

- Der Probentisch ist somit in der Mitte der Blattfedern
- 20 aufgehangen, wodurch ein neuartiges besseres Wirkprinzip geschaffen wird, welches sich durch hohe Verwindungs- und Normalsteifigkeit sowohl von Rahmen als auch von Probentisch auszeichnet.



Der Hauptvorteil der Erfindung besteht darin, dass eine relativ hohe Normalkraft aufgebracht werden kann, ohne dass es zu einer Verschiebung des Probestisches in Normalrichtung kommt und gleichzeitig eine leichte laterale Verschiebung des Probestisches möglich ist. Die Größe der Verschiebung ist dabei genau proportional zur Auslenkung der Federn. Weiterhin können sowohl normale Kraft und Verschiebung als auch laterale Kraft und Verschiebung unabhängig voneinander mit hoher Genauigkeit gemessen werden. Dabei hängt die erreichbare Genauigkeit von der Dimensionierung der Federn und der Auflösung der Messwertaufnehmer ab. Eine eventuell verbleibende geringe normale Durchbiegung des Systems kann erfasst und softwaremäßig korrigiert werden.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung in einem Nanoindenter wird es möglich, den Beginn einer Rissbildung oder Plastische Deformation in der Probe genau zu detektieren und damit quantitative Aussagen über mechanische Kennwerte des Probenmaterials zu erlangen. Es ist möglich, mit dem neuartigen Probestisch eine Auflösung der lateralen Verschiebung bis unter 1nm und der lateralen Kraft bis unter 1µm zu erzielen. Weiterhin ist es erstmalig möglich, laterale Kräfte und Verschiebungen zu messen, die ausschließlich durch die Normalkraft verursacht werden und nicht durch eine

laterale Verschiebung des Probenhalters oder Prüfkörpers.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

5 Es zeigen:

Fig. 1: Prinzipdarstellung in der Draufsicht,

Fig. 2: Prinzipdarstellung in der Vorderansicht gem. Fig. 1,

Fig. 3: 3-dimensionale Prinzipdarstellung der Befestigung der  
10 Federn.

Gem. Fig. 1 und 2 wird der Probentisch 1 mit seinem, mittels vertikal verstellbaren Probenhalter 1.1 (Feststellung durch eine Kontermutter 1.2) über Befestigungselemente 2.1 und sich  
15 zwischen den Befestigungselementen 2.1 erstreckenden Längsträgern 2 an insgesamt vier senkrecht stehenden Blattfedern 3 befestigt. Die vier Blattfedern 3 sind an ihren oberen und an ihren unteren Enden zwischen einem Rahmen 4 und einer Grundplatte 5 unter Wirkung einer axialen Vorspannung  
20 befestigt, wobei der Rahmen 4 auf der Grundplatte 5 sitzt. In der Grundplatte 5 befindet sich eine Ölwanne 6, in welche von der Unterseite des Probentisches 1 ein, an einer Kolbenstange 7 befestigter Kolben 8 reicht, wodurch eine Dämpfung der

Umgebungsschwingungen erzielbar ist. Im Bereich vertikal zwischen zwei Blattfedern 3 und der Probenoberfläche (nicht dargestellt) und horizontal genau in der Mitte des Probenhalters 1.1 ist gem. Fig. 2 ein waagerechter Schaft 9 mit einer Spitze 9.1 befestigt, an welchem zwei LVDTs vorgesehen sind und der zur Verschiebung des Tisches in lateraler Richtung und zur Messung der Verschiebung mit den LVDTs dient. Der Schaft 9 ist dabei an zwei Federelementen 9.2 axial verschiebbar gelagert. Mit einem Piezo-Element 10, welches mit den LVDTs über einen wagerechten Balken 11, der sich gegen eine Feder 12 abstützt und über einen senkrechten Balken 13, verbunden ist, wird die Verschiebung des Tisches 1 gegen die Blattfedern 3 ausgelöst. Mit einem über dem Probentisch 1.1 angeordneten Indenter I wird die Normalkraft aufgebracht.

Eine dreidimensionale Prinzipdarstellung der Befestigung der Blattfedern 3 am Rahmen 4 und an der Grundplatte 5 wird in Fig. 3 gezeigt. Der Probentisch 1 mit seinem Probenhalter 1.1 ist durch eine Strich-Punkt-Linie nur angedeutet. Er sitzt auf zwei Längsträgern 2, wobei jeder Längsträger 2 an seinen beiden Enden über nur angedeutete Befestigungselemente 2.1 mit einer senkrecht stehenden Blattfeder 3 verbunden ist. Die

beiden Längsträger können zusätzlich miteinander über einen gestrichelt angedeuteten Querträger 2.2 (oder über eine nicht dargestellte Platte) auf welchem der Probentisch sitzt, versteift sein. Auf der Grundplatte 5 ist der Rahmen 4 angeordnet, welcher aus zwei U-förmigen Trägern 4.1 besteht. Jeder Träger 4.1 sitzt mit zwei zueinander parallelen vertikalen Schenkeln 4.2 auf der Grundplatte 4 auf, zwischen den beiden vertikalen Schenkeln 4.2 eines Trägers 4.1 erstreckt sich ein horizontaler Schenkel 4.3. An jedem horizontalen Schenkel 4.3 eines Trägers 4.1 sind die oberen Enden zweier Blattfedern 3 mittels oberer Spannbacken  $S_o$  befestigt.

Auf der Grundplatte 5 liegen zwei Festkörpergelenke 14 an ihrer Mitte 14.1 auf und sind z.B. mittels Schrauben 15 befestigt. Der Abstand A der Festkörpergelenke 14 entspricht dem Abstand zweier an einem horizontalen Schenkel 4.3 befestigten Blattfedern 3, die Länge L eines jeden Festkörpergelenks 14 entspricht dem Abstand zweier sich gegenüberliegender Blattfedern 3. Jede Blattfeder 3 wird an ihrem unteren Ende am entsprechenden Ende 14.2 eines Festkörpergelenks 14 über untere Spannbacken  $S_u$  eingespannt. Die beiden Enden 14.2 eines jeden Festkörpergelenkes 14 sind zur Grundplatte 5 um einen Spalt S beabstandet. Jedes Ende

14.2 eines Festkörpergelenkes 14 kann über nicht dargestellte, mit der Grundplatte 5 und dem Ende 14.2 des Festkörpergelenkes in Eingriff stehende Spannelemente in Richtung zur Grundplatte (Pfeilrichtung) verspannt werden, 5 wodurch sich der Spalt S verringert und die Blattfedern 3 axial vorgespannt werden.

Die Einrichtung zur Erzeugung der lateralen Kraft, der Normalkraft, der Indenter sowie die LVDS und die Öldämpfung 10 sind in Fig. 3 nicht dargestellt.

Alternativ ist es zu der in Fig. 3 gezeigten Variante auch möglich, den Probentisch an nur zwei oder drei Blattfedern oder auch an drei oder mehr Blattfederpaaren aufzuhängen.

## Patentansprüche

1. Probentisch für die Messung lateraler Kräfte und Verschiebungen bei bedarfsweise gleichzeitiger Anwendung von Normalkräften, insbesondere bei Nanoindentern sowie bei Scratch und Verschleißtestern, wobei der Probentisch lateral beweglich gelagert ist und die laterale Kraft und Verschiebung über eine Messwerterfassung ermittelbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Probentisch (1) zwischen mindestens zwei senkrecht stehenden und in Richtung der zu erzeugenden lateralen (horizontalen) Bewegung des Probentisches (1) lateral auslenkbaren Blattfedern (3) befestigt ist.

2. Probentisch nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blattfedern (3) an ihrem unteren Ende und an ihrem oberen Ende an einem Rahmen (4) befestigt sind.

3. Probentisch nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blattfedern (3) mit einer Vorspannung/Zugspannung beaufschlagt sind.

4. Probentisch nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass er zwischen dem unteren Ende und dem oberen Ende der Blattfedern (3) an diesen befestigt ist.

5

5. Probentisch nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Probentisch (1) im wesentlichen in der Mitte der Blattfedern (3) befestigt ist.

10

6. Probentisch nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Probentisch (1) an einer gegenüber der Länge der Blattfedern (3) geringen Fläche an den Blattfedern (3) aufgehängt ist.

15

7. Probentisch nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass sich je zwei Blattfedern (3) als ein Blattfedernpaar gegenüberstehen.

20

8. Probentisch nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Probentisch (1) zwischen mehreren nebeneinander angeordneten Blattfederpaaren angeordnet ist.

9. Probestisch nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Blattfedern (3) annähernd größer/gleich ihrer lateralen Auslenkung ist.

5

10. Probestisch nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Probestisch (1) mit einer Dämpfungseinheit verbunden ist.

10

11. Probestisch nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfungseinheit ein unter dem Probestisch (1) angeordnetes Ölbad (6) ist, in welches ein am Probestisch (1) angeordnetes Dämpfungselement eintaucht.

15

12. Probestisch nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Probestisch (1) einen Probenhalter (1.1) aufweist, der vertikal beweglich ausgeführt ist.

20

13. Probestisch nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwerterfassung zur Erfassung der lateralen Kraft und Verschiebung einen



Schaft (9) aufweist, der nahe an der Probe angreift.

14. Probestisch nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messwerterfassung zur  
5 Bestimmung der lateralen Kraft und Verschiebung  
optisch erfolgt.

